

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A**  
**ROBOTIKY**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND  
ROBOTICS

## **NÁVRH ZÁSOBNÍKU S POSUVEM A ORIENTACÍ** **POLOTOVARU**

SUGGESTION OF CASE FEEDER FOR ORIENTATION INTERMEDIATE PRODUCT

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

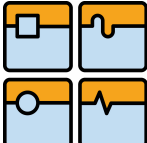
**TOMÁŠ SIKORA**

**VEDOUCÍ PRÁCE**


SUPERVISOR

**Ing. MILOŠ SYNEK**

BRNO 2008

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 1
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 3
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

## ANOTACE

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout tři řešení orientace a posuvu polotovaru (nábojnice), jeden z těchto návrhu propočítat a nakreslit výkresovou dokumentaci.

## KLÍČOVÁ SLOVA

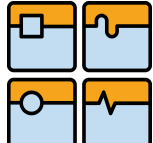
Zásobník, konstrukční návrh, motor, výkresová dokumentace, posuv a orientace polotovaru, výpočet dopravníku, nábojnice.

## ANNOTATION

The main target of this bachelor thesis was to make three suggestions orientation and movement intermediate product (cartridge), one of this solution describe, make calculation and draw drawings documentation.

## KEYWORDS

Case feeder, constructional suggestion, motor, drawings documentation, movement and orientation intermediate product, cartridge box.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 4
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	


## PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s využitím rad a poznatků vedoucího bakalářské práce Ing. Miloše Synka a na základě uvedených podkladů uvedených v seznamu použité literatury.

V Brně dne 23. května 2008

.....

podpis

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

## PODĚKOVÁNÍ:

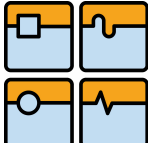
Děkuji tímto všem, kteří mi poskytli rady a informace k řešení problému, které se vyskytly v průběhu a řešení této bakalářské práce. Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Miloši Synkovi, a dále panu Ing. Janu Medlíkovi za jejich odborné rady a připomínky při vypracování bakalářské práce.

### Bibliografická citace mé práce:

SIKORA, T. *Návrh zásobníku s posuvem a orientací polotovaru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 33s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Miloš Synek.

## OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>1. PERIFERIE.....</b>	<b>8</b>
<b>2. DOPRAVNÍKY.....</b>	<b>9</b>
2.2 Pásový dopravník.....	9
2.3 Článekový dopravník.....	9
2.4 Vibrační dopravník.....	10
<b>3. NÁVRH ŘEŠENÍ.....</b>	<b>11</b>
3.1 Vibrační zařízení.....	11
3.2 Tvarová trubka.....	11
3.3 Pásový dopravník.....	12
<b>4. VÝPOČTOVÁ ČÁST.....</b>	<b>13</b>
4.1 Výpočet zatížení na pás od nábojnic.....	13
4.2 Výpočet dopravního pásu.....	16
4.3 Výpočet průměru hřídele.....	19
4.4 Výpočet řemene a řemenice.....	20
4.5 Výpočet ložisek.....	22
<b>5. EKONOMICKÝ ODHAD.....</b>	<b>27</b>
<b>6. ZÁVĚR.....</b>	<b>28</b>
<b>7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>29</b>
<b>8. SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>29</b>
<b>9. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ.....</b>	<b>30</b>
<b>10. PŘÍLOHY.....</b>	<b>33</b>

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

## ÚVOD

V praxi se setkáváme s různými problémy ve smyslu dopravy a orientace polotovaru. K těmto účelům slouží různé typy dopravníků. Mým úkolem je navrhnout zařízení, které bude orientovat nábojnici v jednom směru. Toto polohování dělám z důvodu další operace při výrobě náboje. Jako orientovací zařízení jsem si zvolil pásový dopravník, který bude poháněn krokovým motorem.

V první a druhé části definuji základní pojmy a seznamuji se s danou problematikou. Výsledné návrhy řešení orientace polotovaru jsem zpracoval v kapitole 3. Jedná se o vibrační zařízení, tvarovou trubku a pásový dopravník. V kapitole 4 jsem se podrobně zabýval pásovým dopravníkem a propočítal jsem jeho technické parametry. Kapitola 5 se pak zabývá ekonomickou výhodností tohoto návrhu.



## 1. PERIFERIE

Periferie nebo periferní zařízení, můžeme takto označit manipulační prostředky, mezioperační mechanismy, slouží k vykonávání jednoduchých pohybů ( posuv, rotace, atd.) s určeným objektem jako je: obrobek, odlitek, svařenec atd.

Konstrukční řešení periferních zařízení jsou různé a jsou obvykle přizpůsobené určitému konkrétnímu projektu .

Periferní zařízení můžeme rozdělit podle několika hledisek a to podle funkce, charakteristické konstrukce a umístění v robotizovaném pracovišti.

Rozdělení podle funkce:

- periferie přemísťují objekty tak, že mění polohu těžiště, orientace zůstává zachována, osy objektu jsou rovnoběžné s osami souřadnicového systému zařízení
- periferie mění orientaci součástí (objekt se otáčí kolem osy ve svém těžišti , ale nepřesouvá se)
- periferie mění jak těžiště tak i orientaci polotovaru

Rozdělení podle charakteristické konstrukce:

- dopravníky
- otočné a křížové stoly
- podávací zařízení se zásobníkem a násypkou
- palety
- dopravní vozíky

Rozdělení zařízení:

- vstupní zařízení
- mezioperační zařízení
- výstupní zařízení
- pomocná zařízení

## 2. DOPRAVNÍKY

Dopravníky jsou základním článkem dopravy v průmyslu a existují různé typy a provedení. Dopravují polotovary, hotové součásti, nástroje, výrobní pomůcky, montážní celky a odpad.

Druhy nejpoužívanějších dopravníků:

- pásové
- článkové
- vibrační

### 2.2 Pásový dopravník

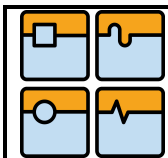
Pásové dopravníky se používají nejen k přepravě sypkých materiálů (písku, uhlí, sutiny, apod.), ale také k přepravě kusových materiálů, a to ve vodorovném nebo mírně skloněném směru.



*Obr.1 Šikmý dopravník na kovové odstřížky*

### 2.3 Článkový dopravník

Článkový dopravník je obdobou pásového dopravníku. Pryžový pás je nahrazen ocelovými články, které jsou na obou krajích spojeny řetězy, a řetězová kola nahrazují poháněcí bubny. Uplatnění dopravníku najdeme například ve slévárnách k dopravě odlitků, rámců a forem. Dále například na výrobních linkách k odmaštění krytů elektromotoru. Rychlost těchto dopravníků bývá menší než u pásových.



*Obr. 2 Článkový dopravník k přepravě třísek*

## **2.4 Vibrační dopravník**

Vibrační dopravníky se používají k dopravě kusových předmětů. Pohyb předmětu se může konat prokluzem, poskokem nebo kombinací obu pohybů.

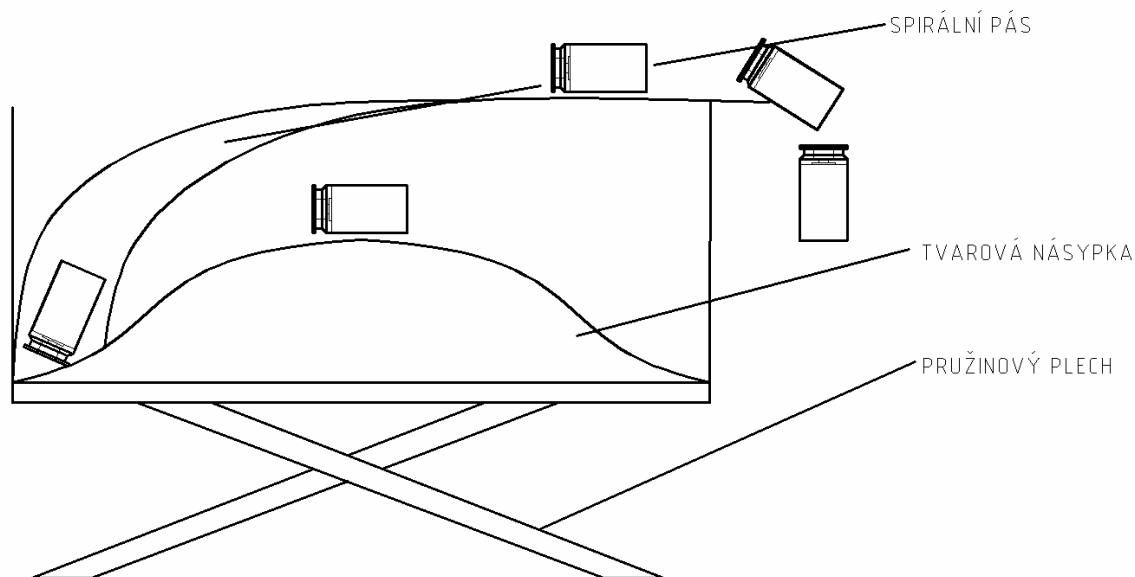


*Obr. 3 Vibrační dávkovací dopravník*

### 3. NÁVRH ŘEŠENÍ

#### 3.1 Vibrační zařízení

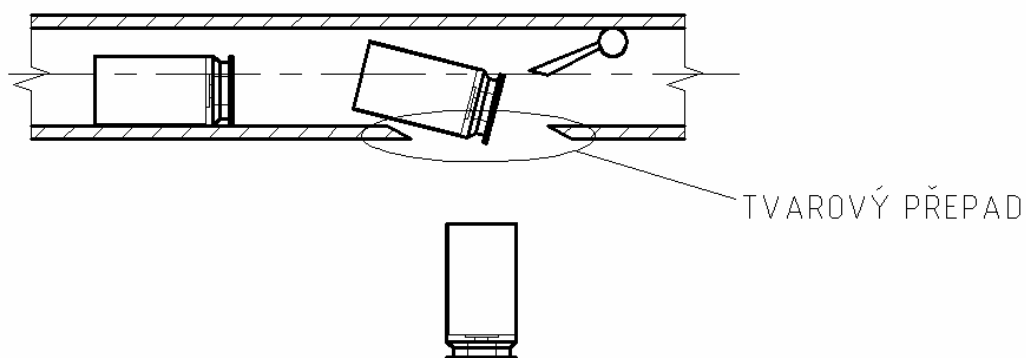
Jednou z variant by mohl být vibrační dopravník. Těleso dopravníku – násypka by byla připevněna na několika pružinových pleších. K těmto plechům by byly připevněny elektrické vibrátory. Do násypky by se vložily nábojnice. Po zapnutí by se nábojnice pohybovaly po bocích nádoby a následně po spirále nahoru za sebou. Pak by spadly do trubky už orientované s prázdnou stranou. Tato metoda je drahá, z důvodu provedení i nákupu vibračních zdrojů.



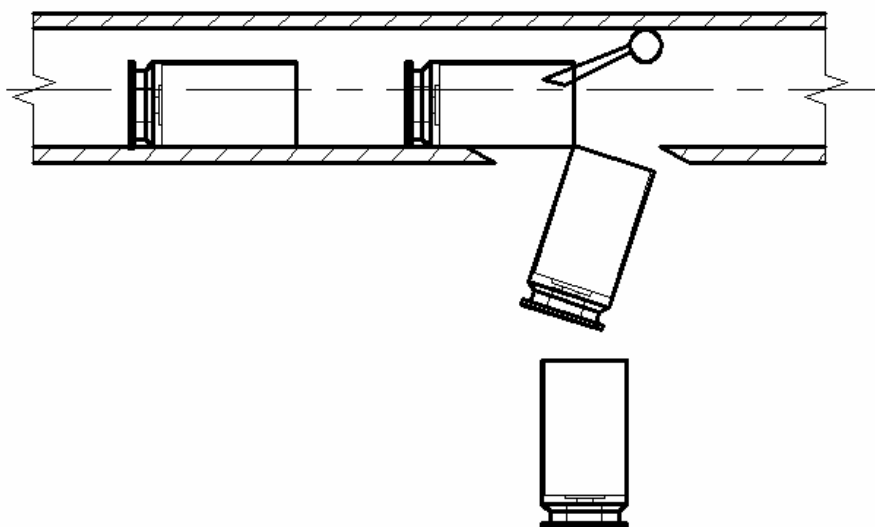
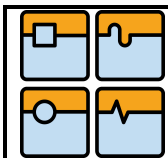
Obr. 4 Vibrační varianta

#### 3.2 Tvarová trubka

Při této variantě by se vyrobila speciální trubka s tvarovým přepadem. Pokud by šla nábojnice těžším koncem napřed, pak by spadla hned do přepadu vlivem gravitace. Pokud uvažujeme opačný směr nábojnice (prázdným koncem napřed nabodla by se na trn, ostatní náboje by ji tlačily dopředu a až by se zadní část nábojnice ocitla nad přepadem již správně, trn, který by byl na založen na principu zápatky – rohatky, by ji upustil orientovanou do trubky.

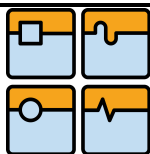


Obr. 5 Tvarový přepad 1

*Obr. 6 Tvarový přepad 2*

### 3.3 Pásový dopravník

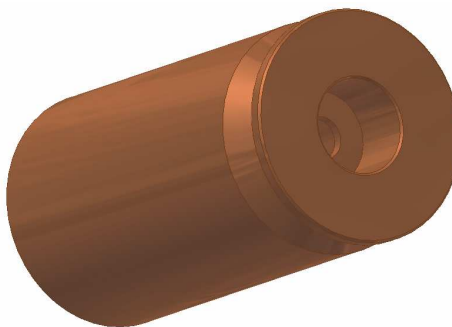
Nábojnice se vloží do násypky. Ve spodní části násypky je otvor, kterým propadnou na dvoudílný pás. Jedná se o pás se speciálním ozubením, na který se vejde pouze jedná nábojnice do mezery. Pás je dvojitý, aby se nemohla nábojnice zaklínit ve středu. Jakmile se nábojnice dostane do mezery posouvá se na pásu až na konec dopravníku, kde vypadne na rozdělovací nůž. Následně přepadne do výsypky s trubicou. Nábojnice bude orientovaná v těžším směru dolů.



## 4. VÝPOČTOVÁ ČÁST

### 4.1 Výpočet zatížení na pás od nábojnic

#### Parametry Nábojnice



Obr. 7 Nábojnica

Hmotnost  $m_1 := 0.004 \text{ kg}$

Objem  $V_1 := 421 \text{ mm}^3$

Těžiště  $T [8.006; 0; 0]$

#### Objem násypky $V_N$

$v := 30 \text{ mm}$

$a_1 := 35 \text{ mm}$        $a_2 := 200 \text{ mm}$

$b_1 := 28 \text{ mm}$        $b_2 := 120 \text{ mm}$

$S_1 := a_1 \cdot b_1$        $S_2 := a_2 \cdot b_2$

$S_1 = 980 \text{ mm}^2$        $S_2 = 24000 \text{ mm}^2$

$$V_N := \left( S_1 + \sqrt{S_1 \cdot S_2} + S_2 \right) \cdot \frac{v}{3}$$

$$V_N = 298297.423 \text{ mm}^3$$

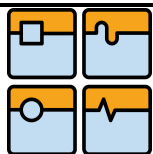
#### Objem nábojnic

1 várka nábojnic – 500 kusů

$n_N := 500$

$$V_{c'} := n_N \cdot V_1$$

$$V_{c'} = 210500 \text{ mm}^3$$



## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

budu počítat se 125 mezerami

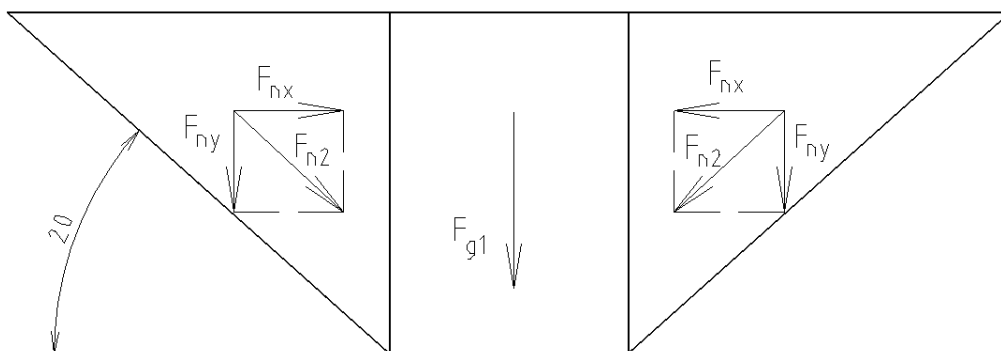
$$n_m := 125$$

$$V_M := V_m \cdot n_m$$

$$V_M = 68075.625 \text{ mm}^3$$

$$V_c := V_M + V_c'$$

$$V_c = 278575.625 \text{ mm}^3$$

**Výpočet zatížení na pás skrz otvor v násypce**

Obr. 8 Síly v násypce

Výpočet objemu který bude zatěžovat pás ve sloupci násypky

$$V_F := a_1 \cdot b_1 \cdot v$$

$$V_F = 29400 \text{ mm}^3$$

Počet nábojnic v zatěžovacím objemu

$$N_{F'} := \frac{V_F}{V_1}$$

$$N_{F'} = 69.834 \rightarrow 70 \text{ nábojnic} \quad N_F := 70$$

Výpočet hmotnosti zatěžovacích nábojnic:

$$m_F := N_F \cdot m_1$$

$$m_F = 0.28 \text{ kg}$$

Výpočet síly na pás:

$$\text{gravitační zrychlení: } g=9,8 \quad \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$F_{g1} := m_F \cdot g$$

$$F_{g1} = 2.747 \text{ N}$$

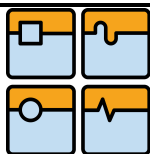
Výpočet síly od zbylých nábojnic:

z principu akce a reakce se složky sil ve směru x vyruší

budu uvažovat složku ve směru osy y pod úhlem 20°

počet zbylých nábojnic: 500-70=430 nábojnic

$$n_z := 430 \text{ nábojnic}$$



## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

$$F_{N2} := m_1 \cdot n_z \cos(s) \cdot g$$

s – sklon násypky s=20°

$$F_{N2} = 15.856 \text{ N}$$

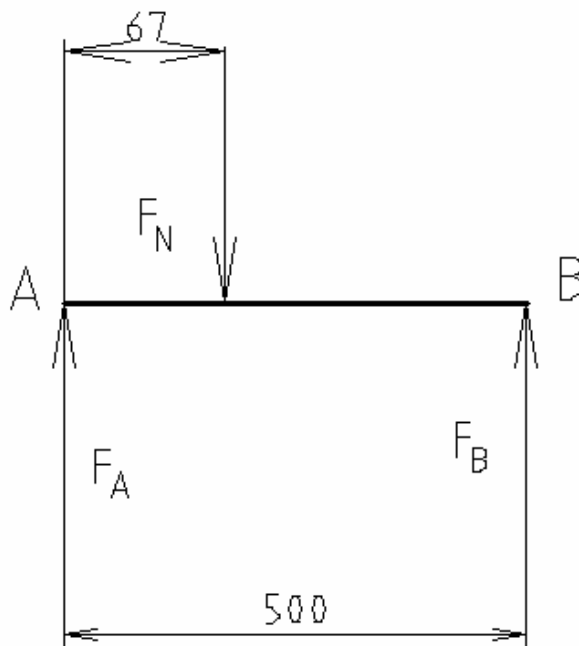
Celková síla od nábojnic na pás:

$$F_N := F_{g1} + F_{N2}$$

$$F_N = 18.602 \text{ N}$$

**Výpočet reakcí, které budou zatěžovat ložiska na pásu:**

volím délku dopravníku L=500mm



Obr. 9 Zatížení na pás od nábojnic

y:

$$F_A - F_N + F_B = 0$$

$$M_{OA}: 0 = -F_N \cdot 67 + F_B \cdot 500$$

$$F_B := \frac{F_N \cdot 67}{500}$$

$$F_B = 1.86 \text{ N}$$

$$F_A := F_N - F_B$$

$$F_A = 16.742 \text{ N}$$

Z vypočtené hodnoty vidíme že zatěžující síla na pás je zanedbatelná, proto ji dále při výpočtu ložisek nebudu uvažovat, větší zatěžující síla bude od motoru.



## 4.2 Výpočet dopravního pásu

Rychlost pásu:

volím rychlost pásu  $v=0,1\text{ m/s}$   $v_P := 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Volba průměru hnacího a hnaného bubnu:

$d := 50 \text{ mm}$   $r := 0,025 \text{ m}$

**Výpočet otáček, k vyvození volené rychlosti pásu:**

$$\omega := \frac{v_P}{r}$$

$$\omega = 4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$n := \frac{\omega}{2 \cdot \pi}$$

$$n = 0,637 \frac{\text{ot}}{\text{s}}$$

$$n_2 := n \cdot 60$$

$$n_2 = 38,197 \frac{\text{ot}}{\text{min}}$$

**Obvodová síla na poháněcím bubnu  $F_o[\text{N}]$**

$$F_o = F_1 + F_2 + F_p$$

$F_1$  – síla potřebná pro překonání pohybových odporů dopravníku (hlavní odpory dopravníku)

$F_2$  – síla potřebná k překonání dopravní výšky

$F_3$  – přídatné a vedlejší odpory dopravníku

$$F_1 = w \cdot L \cdot g \cdot (q + 2 \cdot m_p) \cos \varepsilon + m_v$$

$w$  měrný odpor dopravníku [-]

$L$  osová vzdálenost dopravníku [m]

$m_p$  měrná hmotnost dopravního pásu [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ ]

$q$  měrná hmotnost dopravovaného materiálu [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ ]

$\varepsilon$  průměrný úhel sklonu válečků [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ ]

$m_v$  měrná hmotnost rotujících částí válečků [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ ]

pro delší dopravníky  $L > 80\text{m}$   $w = C \cdot f$

pro můj případ budu počítat pro kratší dopravníky

$w = f$

$f$  - globální součinitel tření - povrchní doprava  $<0,018; 0,025>$  volím  $f=0,02$

$$q := \frac{Q}{3,6 v_P}$$

$Q$  dopravní množství [ $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ ]

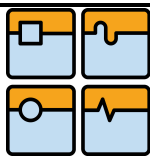
Výpočet dopravovaného množství:

$$v = 360\text{m/h} \quad v_{pm} := 360 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

rozteč zubů pásu:  $t=16\text{mm}$   $t := 0,016 \text{ m}$

počet nábojnic na pásu

budeme vycházet z předpokladu, že nám nábojnice spadne do každé mezery



$$N_p := \frac{v_{pm}}{t}$$

$$N_p = 22500 \text{ nábojnic/h}$$

Hmotnost nábojnic na pásu za hodinu:

$$Q := N_p \cdot m_1$$

$$Q = 90 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$q := \frac{Q}{3.6 \cdot v_p}$$

$$q = 250 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Výpočet měrné hmotnosti rotujících části válečků:

$$m_v := \frac{m_{val} \cdot n_{val}}{t_{val}}$$

$m_{val}$  hmotnost jednoho válečku

$n_{val}$  počet válečků

$t_{val}$  rozteč válečků

$$m_{val} := 0.209 \text{ kg}$$

$$n_{val} := 2$$

$$t_{val} := 0.5 \text{ m}$$

$$m_v := \frac{m_{val} \cdot n_{val}}{t_{val}}$$

$$m_v = 0.836 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

**Výpočet síly  $F_1$**

$$F_1 := w \cdot L \cdot g \cdot (q + 2 \cdot m_p) \cdot \cos \varepsilon + m_v$$

z [http://cs.wikipedia.org/wiki/Hustoty\\_l%C3%A1tek](http://cs.wikipedia.org/wiki/Hustoty_l%C3%A1tek) jsem zjistil hustotu pryže, je mezi 1150-1350 kg/m<sup>3</sup> - volím:

$$\rho := 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$L=0.5\text{m}$  délka dopravníku

$d=0.05\text{m}$  průměr válce bubnu

délka pásu:

$$L_p := 2 \cdot L + d \cdot \pi$$

$$L_p = 1.157 \text{ m}$$

plocha pásu:

$$B_p := 0.005 \text{ m}$$

$$S_{pl} := L_p \cdot B_p$$

$$S_{pl} = 0.006 \text{ m}^2$$

$$m_p := \rho \cdot S_{pl}$$

$$m_p = 6.942 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Sklon pásu je:

$$\varepsilon = 0^\circ$$

$$L = 0.5 \text{ m}$$

$$F_1 := w \cdot L \cdot g \cdot (q + 2 \cdot m_p) \cdot \cos(\varepsilon) + m_v$$

$$F_1 = 26.723 \text{ N}$$

### Výpočet síly $F_2$

Budeme mít dopravník s nulovým sklonem proto síla  $F_2$  bude taky nulová  $F_2 := 0$

Výpočet síly  $F_p$

Vzhledem k dopravované vzdálenosti a malým hmotnostem dopravovaného zboží, zanedbáme odpor setrvačných sil, odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením v místě urychlování, nemáme žádný nepoháněný buben, žádný čistič pásu, shrnovač a shazovač, ale budeme pouze uvažovat odpor pásu v ohybu pásu bubnu a v ložiskách bubnu, který činí pro pásy menší pevnosti 500N

$$F_p := 500 \text{ N}$$

### Obvodová síla na poháněcím bubnu $F[\text{N}]$

$$F_o := F_1 + F_2 + F_p$$

$$F_o = 526.723 \text{ N}$$

### Potřebný provozní výkon pohonu pásového dopravníku $P [\text{kW}]$

$$P := k_b \cdot \frac{F_o \cdot v_p}{10^5 \cdot \eta}$$

$$k_b \text{ součinitel součinnosti } <1,1;1,22> \text{ volím } k_b := 1.2$$

$$\eta \text{ účinnost poháněcí stanice } <0.85;0.95> \text{ volím } \eta := 0.9$$

$$P_k := k_b \cdot \frac{F_o \cdot v_p}{10^5 \cdot \eta}$$

$$P_k = 0.001 \text{ kW}$$

$$P := P_k \cdot 1000$$

$$P = 0.702 \text{ W}$$

podle spočteného výkonu volím krokový motor

BG 44x2551 Gear PLG52.0 s  $n=76\text{ot/min}$  a momentem  $M=202\text{N.cm}$  a výkonem:

$$P=20\text{W}$$

### 4.3 Výpočet průměru hřídele

$$\tau_k := \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_{DK}$$

$$M_k := 20200 \text{ Nmm}$$

Volím materiál hřídele ocel 11 500, podle strojnických tabulek [dále už jen STT] volím dovolené napětí pro tento materiál pro krut při střídavém zatížení

$$\tau_{DK} := 60 \text{ MPa}$$

$$W_k := \frac{M_k}{\tau_{DK}}$$

$$W_k = 336.667 \text{ mm}^3$$

$$d_{h'} := \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_k}{\pi}}$$

$$d_{h'} = 11.969 \text{ mm}$$

pro tuto hřídel volím pero:

PERO 4e7X4xL

$$t_{1n} := 1.6 \text{ mm}$$

$$d_{h1} := d_{h'} + t_{1n}$$

$$d_{h1} = 13.569 \text{ mm}$$

Volím normalizovaný průměr hřídele:

$$d_h := 14 \text{ mm}$$

PERO 5e7x5xL

$$b := 5 \text{ mm}$$

$$t_1 := 2.1 \text{ mm}$$

Kontrola pera na otlačení

$$F_h := \frac{M_k}{\frac{d_h}{2} + \frac{t_1}{2}}$$

$$F_h = 2509.317 \text{ N}$$

výpočet délky pera:

volím dovolená napětí na otlačení pro ocel:

$$p_D := 80 \text{ MPa}$$

$$l_{pera} := b + \frac{F_h}{p_D \cdot t_1}$$

$$l_{pera} = 19.936 \text{ mm}$$

volím délku pera

$$l_p := 20 \text{ mm}$$

## 4.4 Výpočet řemene a řemenice

Určení délky řemene:

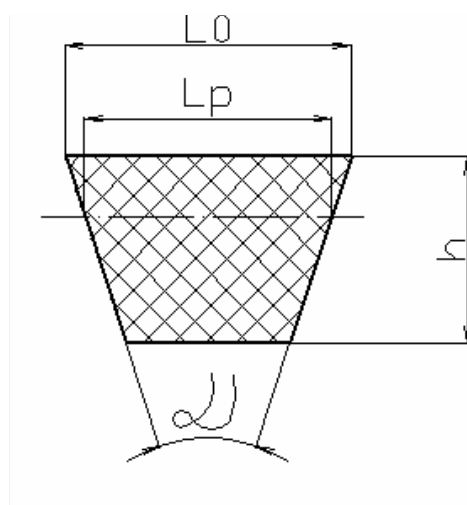
STT str. 528

volím klínový řemen úzký

volím řemen typu SPZ ČSN 02 3114

volím průměr řemenice  $d_1 = 63 \text{ mm}$

Dle mého návrhu volím řemenici na motoru a na hnacím bubnu o stejném průměru. Stejný průměr volím proto, aby byl převodový poměr 1. Krokový motor, který jsem zvolil je výhodný z toho důvodu, že umožňuje snadnou regulaci otáček a tím i rychlost pásu. Nesmím však překročit nominální otáčky, které jsou pro můj zvolený motor 760t/min.



Obr. 10 Průřez úzkého klínového řemene

ŘEMEN SPZ -La ČSN 02 3112

Určení předběžné osové vzdálenosti:

$$0,7 \cdot (d_{r1} + d_{r2}) < A' < 2 \cdot (d_{r1} + d_{r2})$$

$$d_{r1} := 63 \text{ mm}$$

$$d_{r2} := 63 \text{ mm}$$

$$0,7 \cdot 2 \cdot d_{r1} < A' < 2 \cdot d_{r1}$$

$$25,2 < A' < 126$$

$$A' < 100,8$$

volím předběžnou osovou vzdálenost:  $A' = 100 \text{ mm}$

předběžný výpočet délky klínového řemene:

$$\beta := 180^\circ \text{ úhel opásání}$$

$$L' := 2 \cdot A' \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) + (d_{r1} + d_{r2}) \cdot \frac{\pi}{2}$$

$$L' = 397,92 \text{ mm}$$

ze STT na str. 533 volím nejbližší vyšší délku řemene:

$$L_{pr} := 630 \text{ mm}$$

ŘEMEN - 630 Lp - ČSN 3112

výpočet skutečné osové vzdálenost os hřídelí:

$$p := 0.25 L_{pr} - 0.393(d_{r1} + d_{r2})$$

$$p = 107.982$$

$$q_s := 0.125(d_{r1} + d_{r2})$$

$$A_s := p + \sqrt{p^2 + q}$$

$$A_s = 217.115 \text{ mm}$$

$$A_{sv} := 216 \text{ mm}$$

Určení počtu řemenů a jejich předpis

určení výkonu přenášeného jedním řemenem při úhlu opásání  $\beta=180^\circ$

ze STT na str. 534 volím:  $P_1 := 540 \text{ W}$  voleno podle převodového poměru, typu řemene a otáček

z STT na str. 530 volím:  $c_1 := 1$  součinitel úhlu opásání upravuje přenášený výkon jedním klínovým řemenem  $P_r$

z STT na str. 531 volím:  $c_2 := 1.3$  součinitel provozního zatížení závisí na délce denní pracovní doby, druhu hnacího a pracovního stroje

z STT na str. 533 volím:  $c_3 := 0.82$  součinitel klínového řemene

$$P_j := P \cdot c_2$$

$$P_j = 26 \text{ W}$$

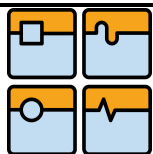
$$z := \frac{P_j \cdot c_2}{P_1 \cdot c_1 \cdot c_2}$$

$$z = 0.048$$

volím 1 řemen typu SPZ -1-630 Lp - ČSN 3112

podle typu řemene volím věnec řemenice:

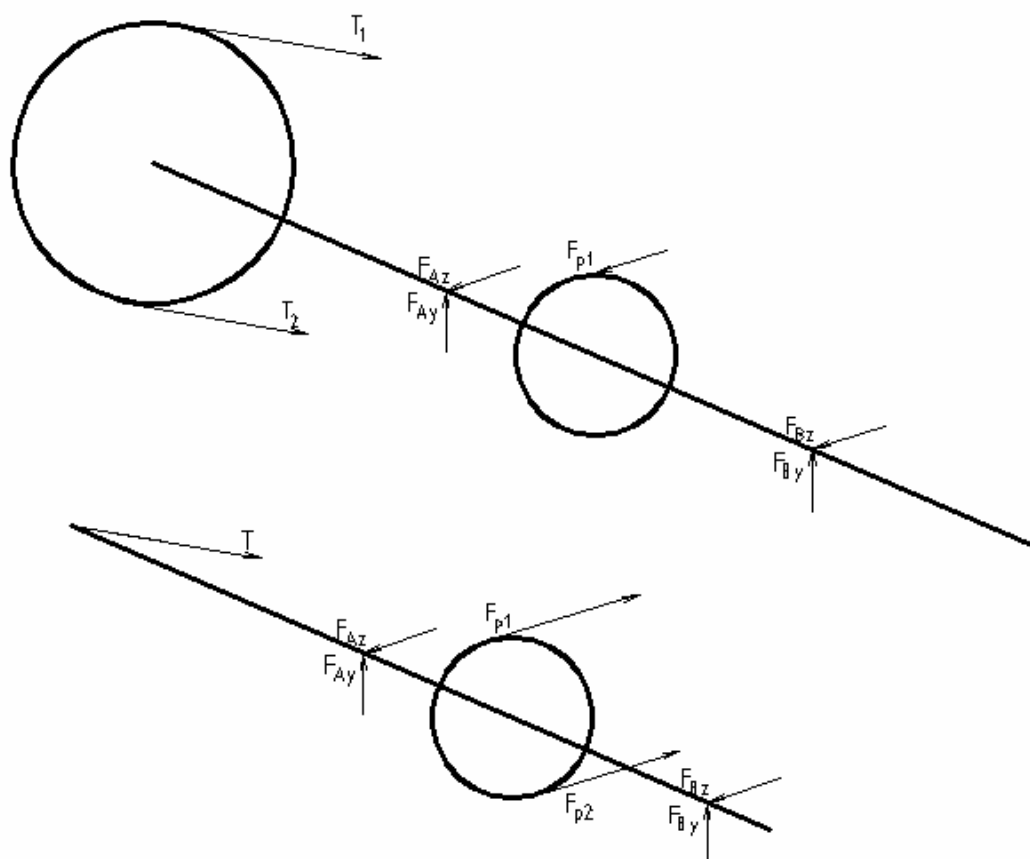
VĚNEC ŘEMENICE 63 - SPZ - ČSN 02 3180



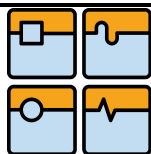
## 4.5 Výpočet ložisek

výpočet reakci

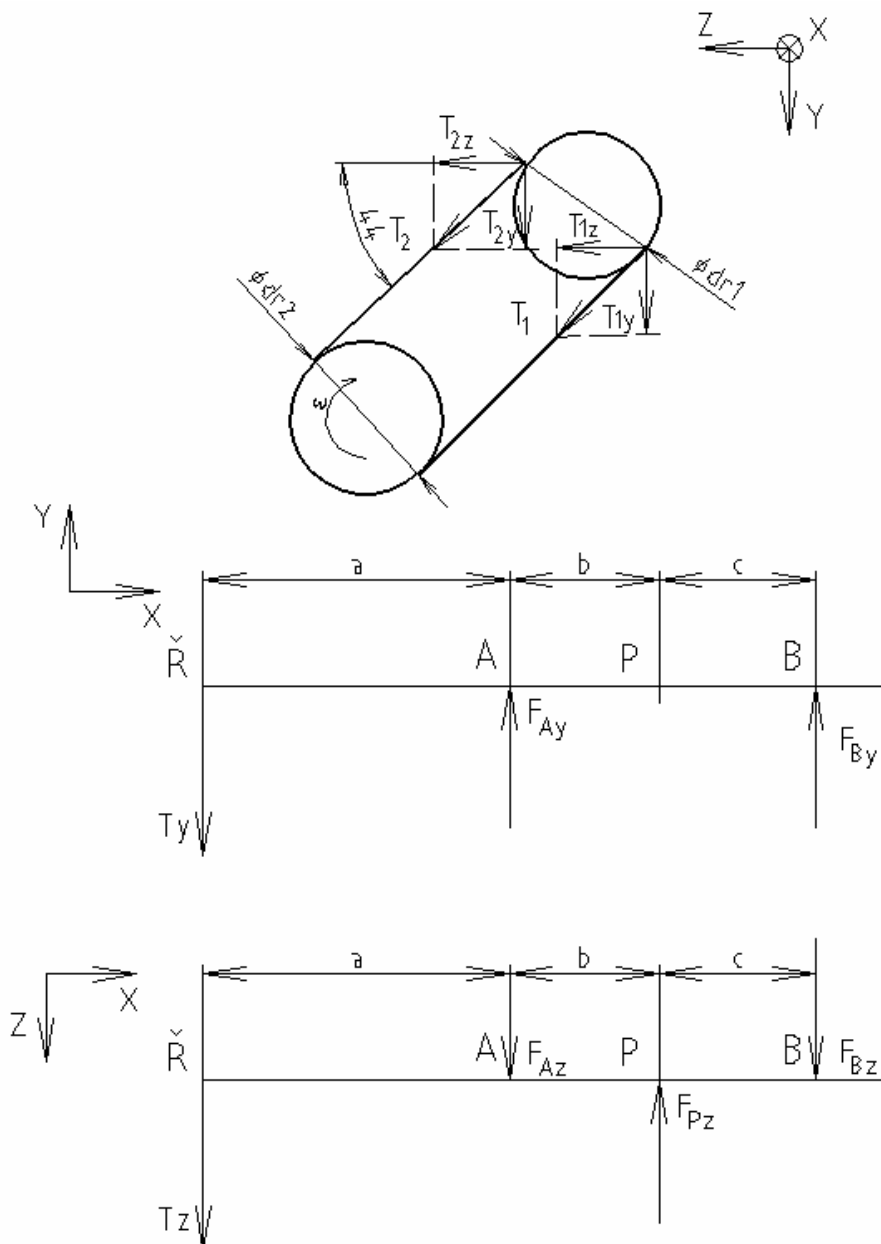
statická rovnováha na hřídeli:



Obr. 11 Statická rovnováha sil na hřídeli



Rozložení sil do rovin:



Obr. 12 Rozložení sil do rovin

Síly na řemenici:

Krouticí moment znám z parametru motoru:

$$M_k = 20200 \text{ Nmm}$$

$$T_1 := \frac{M_k \cdot 2}{d_{r1}}$$

$$T_1 = 641.27 \text{ N}$$

$$T_2 := 0.15 T_1$$

$$T_2 = 96.19 \text{ N}$$

$$\alpha := 44 \cdot \text{deg}$$

$$T_y := \sin(\alpha) \cdot (T_1 + T_2)$$

$$T_y = 512.283 \text{ N}$$



rovnice rovnováhy:

silová rovnice:

$$\sum_3 F_y = 0$$

$$F_{Ay} + F_{By} - T_y = 0$$

Momentová rovnice:

počátek volím v Ř:

$$F_{Ay} \cdot a + F_{By} \cdot (a + b) = 0$$

$$F_{Ay} := \frac{F_{By} \cdot (a + b)}{a}$$

$$\frac{F_{By} \cdot (a + b)}{a} + F_{By} - T_y = 0$$

$$a = 31 \text{ mm}$$

$$b = 52,5 \text{ mm}$$

$$c = 39 \text{ mm}$$

$$F_{By} := \frac{T_y}{1 + \frac{a + b}{a}}$$

$$F_{By} = 138.697 \text{ N}$$

$$F_{Ay} := T_y - F_{By}$$

$$F_{Ay} = 373.586 \text{ N}$$

$$F_{By} = 138.697 \text{ N}$$

rovina x-z:

$$T_z := \cos(\alpha) \cdot (T_1 + T_2)$$

$$T_z = 530.485 \text{ N}$$

rovnice rovnováhy:

silová rovnice:

$$T_z + F_{Az} - F_{pz} + F_{Bz} = 0$$

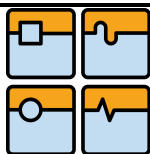
Momentová rovnice:

počátek si zvolím v Ř:

$$-F_{Az} \cdot a + F_{pz} \cdot (a + b) - F_{Bz} \cdot (a + b + c) = 0$$

$$F_{Az} := \frac{F_{pz} \cdot (a + b) - F_{Bz} \cdot (a + b + c)}{a}$$

$$T_z + \left[ \frac{F_{pz} \cdot (a + b) - F_{Bz} \cdot (a + b + c)}{a} \right] - F_{pz} + F_{Bz} = 0$$



## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

$$F_{pz2} := 0.15 F_{pz1}$$

$$F_{pz} := F_{pz1} + F_{pz2}$$

$$F_{pz} = 605.732 \text{ N}$$

$$F_{Bz} := \frac{T_z \cdot a + F_{pz} \cdot (a + b) - F_{pz} \cdot a}{b + c}$$

$$F_{Bz} = 527.278 \text{ N}$$

$$F_{Az} := \frac{F_{pz} \cdot (a + b) - F_{Bz} \cdot (a + b + c)}{a}$$

$$F_{Az} = -452.031 \text{ N}$$

Výpočet výsledných radiálních sil na ložiska:

Ložisko A:

$$F_{LA} := \sqrt{F_{Az}^2 + F_{Ay}^2}$$

$$F_{LA} = 586.429 \text{ N}$$

Ložisko B:

$$F_{LB} := \sqrt{F_{Bz}^2 + F_{By}^2}$$

$$F_{LB} = 545.214 \text{ N}$$

nebezpečné ložisko je ložisko A

V ose hřídele mi nepůsobí žádná síla:  $F_{AX} := 0$

**Výpočet trvanlivosti ložiska**

Provozní součinitel- volím :

$$a_f := 1.3$$

Otáčky hřídele:

$$n_h := 76 \text{ ot/min}$$

Trvanlivost ložisek - volím:

$$L_h := 20000 \text{ hod}$$

Exponent pro bodový styk

$$a_k := 3$$

Volím ložisko:

LOŽISKO 6002 ČSN 02 4630

Parametry ložiska:

$$d_L = 15 \text{ mm} \quad D_L = 32 \text{ mm} \quad B_L = 9 \text{ mm} \quad C_{10L} = 4300 \text{ N} \quad C_{0L} = 2500 \text{ N}$$

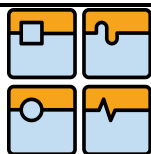
$$F_{\text{dovolene}} := \frac{C_{10L}}{a_f \left( \frac{60 L_h \cdot n}{10^6} \right)^{a_k}}$$

$$F_{\text{dovolene}} = 734.841 \text{ N}$$

$$F_{LA} < F_{\text{dov}}$$

vyhovuje

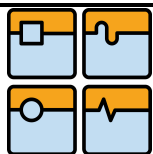
Na druhém ložisku je menší síla. Obě dvě ložiska budou na stejné hřídeli, z toho usuzuji, že bude ložisko na podpoře A taky vyhovovat, protože volím stejná ložiska.



## 5. EKONOMICKÝ ODHAD

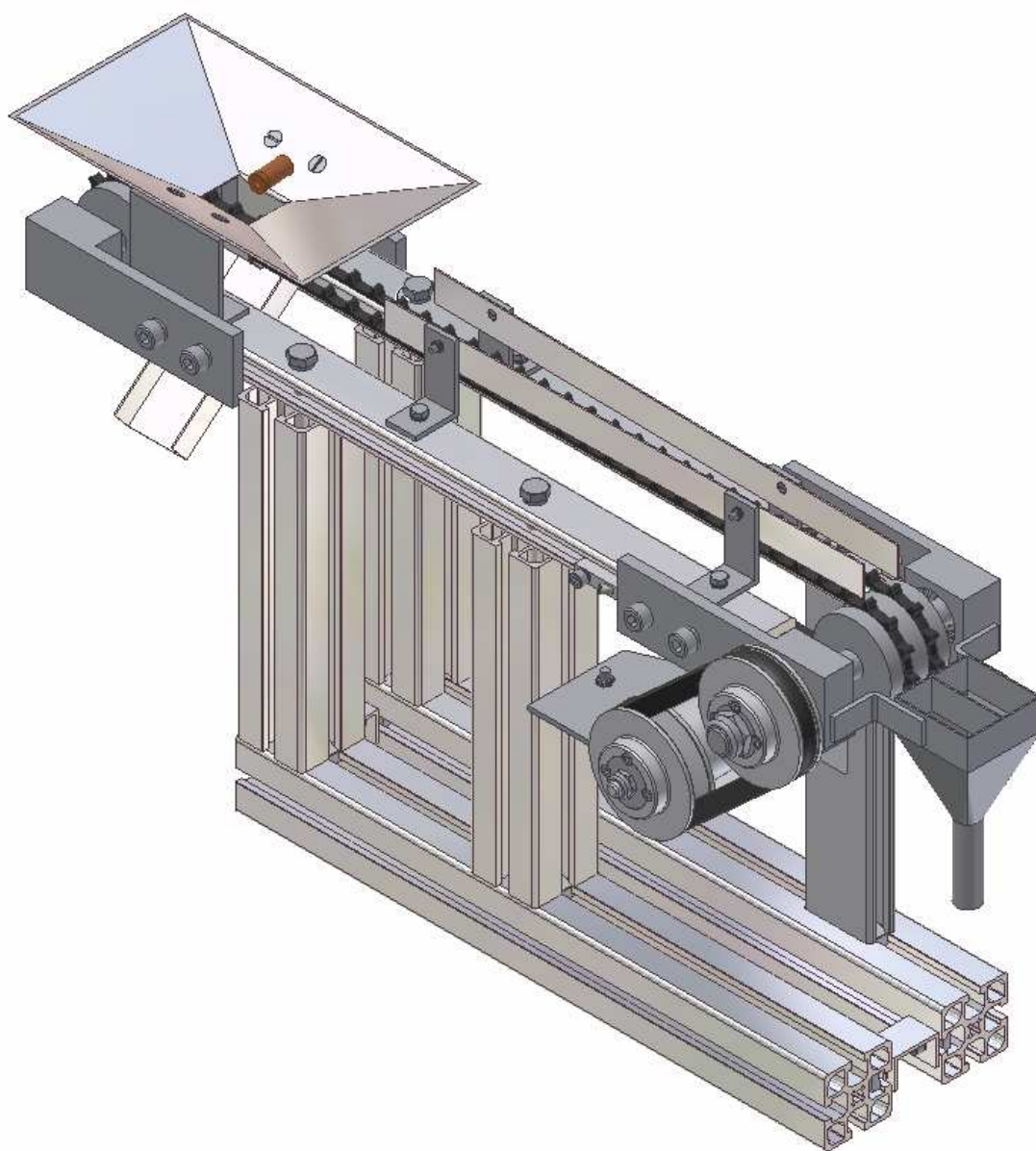
(Ceny jsou orientační)

součást	cena za jednotku	množství	cena(kč)
krokový motor		1ks	2000
dělník	300-400kč/hod	5hod	1500
Al profil čtverec	150kč/m	1m	150
Al profil obdélník	106kč/m	1,3m	137,8
Al plech	260/kg	0,125kg	32,5
ocelový plech	21,50kč/kg	0,133kg	8
ocelový profil	23kč/kg	0,133kg	3
poháněný buben		1ks	200
poháněcí buben		1ks	380
úchyty na hřídele		4ks	1200
pryžový pás		2ks	1000
režijní náklady			500
spojovací součásti			500
<b>orientační cena</b>			<b>7611,3</b>



## 6. ZÁVĚR

Navrhl jsem 3 varianty řešení orientace a posuvu polotovaru. Jednu z těchto variant jsem si vybral a podrobně vypracoval. Provedl jsem pevnostní a kontrolní výpočty dopravníku. Všechny kontrolované součásti vyhovují s dostatečnou bezpečností. Dále jsem udělal ekonomický odhad o ceně stroje, která je cca: 7611,3kč. Tato cena je nižší s porovnáním s obdobnými typy strojů, jako například pásový dopravník na dopravu balených součástí, který stojí 12650Kč.



Obr.13 Pásový dopravník

## 7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Kolíbal, Zdeněk; Průmyslové roboty I. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. PRaM Kolíbal, Zdeněk 1. vyd. Brno VUT Brno 1993 189 s. ISBN 80-214-0526-0.
- [2] Kolíbal, Zdeněk; Průmyslové roboty II. Konstrukce výstupních hlavic a periferií Kolíbal, Zdeněk 1. vyd. Brno PC DIR 1993 165 s. ISBN 80-214-0533-3.
- [3] Ehrenberger, Zdeněk; Průmyslové roboty III. Robotické systémy vyšších generací Ehrenberger, Zdeněk 1. vyd. Brno VUT Brno 1993 145 s.
- [4] Bělohoubek, Pavel; Průmyslové roboty IV. Projektování výrobních systémů s PRaM Bělohoubek, Pavel 1. vyd. Brno VUT Brno 1993 88 s. ISBN 80-214-0532-5.
- [5] Pokorný, Karel; Stavba elektrických strojů I Pokorný, Karel Praha SNTL 1984 185 s.
- [6] Vávra, Pavel a kol., Strojnické tabulky, SNTL, Praha 1983 986s.
- [7] Norma ČSN ISO 5048 (ČSN 263102) : Výpočet pásového dopravníku. Praha Český normalizační institut, 1993. 9s.
- [8] MiniTec: Katalog profil systémů a strojních součástí.
- [9] Dunkermotoren: Katalog krokových motorů.
- [10] Transportní, manipulační a vázící zařízení (<http://www.tramaz.cz>).
- [11] Dopravníky třísek a filtrace (<http://www.astos.cz>).
- [12] Elektrotechnické průmyslové aplikace (<http://www.epa.cz>).
- [13] Velkosklad profilů (<http://www.ho-bra.cz>).
- [14] Klempířství (<http://www.kpmetal.cz>).
- [15] Pryžové pásy (<http://www.stomil.cz>).

## 8. SEZNAM OBRÁZKŮ

číslo obrázku	popis obrázku	strana
obr.1	Šikmý dopravník na kovové odstřížky	9
obr.2	Článekový dopravník k přepravě třísek	10
obr.3	Vibrační dávkovací dopravník	10
obr.4	Vibrační varianta	11
obr.5	Tvarový přepad 1	11
obr.6	Tvarový přepad 2	12
obr.7	Nábojnice	13
obr.8	Síly v násypce	14
obr.9	Zatížení na pás od nábojnic	15
obr.10	Průřez úzkého klínového řemene	16
obr.11	Statická rovnováha na hřídeli	22
obr.12	Rozložení sil do rovin	23
obr. 13	Pásový dopravník	28

## 9. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Značka	Název	Jednotka
$V_N$	objem násypky	$\text{mm}^3$
$n_N$	počet nábojnic na jednu dávku	-
$V_{C'}$	objem nábojnic	$\text{mm}^3$
$V_m$	objem mezery mezi nábojnicemi	$\text{mm}^3$
$V_M$	objem mezer mezi nábojnicemi	$\text{mm}^3$
$n_M$	počet mezer mezi nábojnicemi	-
$V_C$	celkový potřebný objem násypky	$\text{mm}^3$
$V_F$	objem sloupce násypky, který působí na pás	$\text{mm}^3$
$N_{F'}$	počet nábojnic v zatěžovacím objemu	-
$m_F$	hmotnost zatěžovacích nábojnic	-
$g$	tíhové zrychlení	$\text{m/s}^2$
$a_1$	délka spodního otvoru násypky	$\text{mm}$
$a_2$	délka horního otvoru násypky	$\text{mm}$
$b_1$	šířka spodního dílu násypky	$\text{mm}$
$b_2$	šířka horního dílu násypky	$\text{mm}$
$m_1$	hmotnost jedné nábojnice	$\text{kg}$
$S_1$	plocha spodního dílu násypky	$\text{mm}^2$
$S_2$	plocha vrchního dílu násypky	$\text{mm}^2$
$T$	těžiště	$\text{mm}$
$v$	výška násypky	$\text{mm}$
$V_1$	objem jedné nábojnice	$\text{mm}^3$
$F_{g1}$	výpočet tíhové síly sloupce nábojnic	$\text{N}$
$F_{N2}$	tíhová síla od zbylých nábojnic	$\text{N}$
$n_z$	počet zbylých nábojnic	-
$F_N$	celková síla působící na pás od nábojnic	$\text{N}$
$F_A$	reakční síla v ložisku hnaného bubnu	$\text{N}$
$F_B$	reakční síla v ložisku hnacího bubnu	$\text{N}$
$v_p$	rychlost pásu	$\text{m/s}$
$d$	průměr hnaného a hnacího bubnu	$\text{mm}$
$r$	poloměr hnaného a hnacího bubnu	$\text{mm}$
$\omega$	úhlová rychlost	$\text{rad/s}$
$n$	otáčky hřídele hnacího bubnu	$\text{ot/s}$
$n_2$	otáčky hřídele hnacího bubnu	$\text{ot/min}$
$F$	obvodová síla na hnacím bubnu	$\text{N}$
$F_1$	síla potřebná k překonání pohybových odporů dopravníku	$\text{N}$

Značka	Název	Jednotka
$F_2$	síla potřebná k překonání dopravní výšky	N
$F_p$	přídavné a vedlejší odpory dopravníku	N
$w$	měrný odpor dopravníku	-
$L$	osová vzdálenost dopravníku	m
$m_p$	měrná hmotnost dopravníku	kg/m
$q$	měrná hmotnost dopravovaného materiálu	kg/m
$s$	sklon násypky	°
$\varepsilon$	průměrný úhel sklonu válečků	°
$m_v$	měrná hmotnost rotujících válečků	kg
$f$	globální součinitel tření	-
$Q$	dopravní množství	t/h
$v_{pm}$	rychlost pásu za hodinu	m/h
$t$	rozteč zubů na pásu	mm
$N_p$	počet vyložených nábojnic	nábojnice/h
$m_{val}$	hmotnost jednoho válečku	kg
$n_{val}$	počet válečků	-
$t_{val}$	rozteč válečků	mm
$\rho$	hustota pryže	kg/m <sup>3</sup>
$B_p$	šířka pásu	m
$L_p$	délka pásu	m
$S_{p1}$	plocha pásu	m <sup>2</sup>
$P$	potřebný provozní výkon pásového dopravníku	W
$k_b$	součinitel součinnosti	-
$\eta$	účinnost poháněcí stanice	%
$M$	moment krokového motoru	Ncm
$\tau_k$	napětí v krutu	MPa
$W_k$	kvadratický moment průřezu	mm <sup>3</sup>
$d_{h''}$	předběžný průměr hnací hřídele	mm
$t_{1n}$	předběžná drážka pera v hřídeli	mm
$d_{h1}$	průměr hřídele	mm
$d_h$	normalizovaný průměr hnací hřídele	mm
$b$	šířka pera	mm
$t_1$	hloubka drážky v hřídeli	mm
$F_h$	tečná síla na hřídeli pastorku	N
$p_D$	dovolené napětí na otlacení pro ocel	MPa
$\tau_{Dk}$	dovolené napětí v krutu	MPa
$l_{pera}$	předběžná délka pera	mm
$l_p$	délka pera	mm
$d_1$	průměr řemenice	mm



Značka	Název	Jednotka
$d_{r1}$	průměr hnací řemenice	mm
$d_{r2}$	průměr hnané řemenice	mm
$A'$	předběžná osová vzdálenost	mm
$\beta$	úhel opásání	°
$L_{pr}$	délka řemene	mm
$L'$	předběžná délka řemene	mm
$p$	součinitel velikosti klínového řemen	mm
$q_s$	součinitel velikosti klínového řemen	mm
$A_{sv}$	skutečná osová vzdálenost hřidelů	mm
$A_s$	výpočtová osová vzdálenost	mm
$P_1$	jmenovitý přenášený výkon jedním úzkým řemenem	kW
$c_1$	součinitel úhlu opásání	-
$c_2$	součinitel provozního zatížení	-
$c_3$	součinitel klínového řemene	-
$P_j$	přenášený výkon jedním řemenem	W
$z$	počet řemenů	-
$T_1$	Síla v tažné části řemene	N
$T_2$	Síla v odlehčené části	N
$\alpha$	úhel sklonu klínového řemene	°
$T_y$	reakční síla v ose y	N
$F_{Ay}$	reakční síla v ložisku na podpoře A v ose y	N
$F_{By}$	reakční síla v ložisku na podpoře B v ose y	N
$a$	vzdálenost řemenice a ložiska na podpoře A	mm
$b$	vzdálenost ložiska A od osy pásu	mm
$c$	vzdálenost od osy pásu k ložisku na podpoře B	mm
$T_z$	reakční síla v ose z	N
$F_{Az}$	reakční síla v ložisku na podpoře A v ose z	N
$F_{Bz}$	reakční síla v ložisku na podpoře B v ose z	N
$F_{pz}$	síla od pásu v ose z	N
$F_{pz1}$	síla od pásu v tažné větvi	N
$F_{pz2}$	síla od pásu v odlehčené větvi	N
$F_{LA}$	výsledná radiální síla v ložisku A	N
$F_{LB}$	výsledná radiální síla v ložisku B	N
$F_{Ax}$	síla v ložisku v ose x	N
$a_f$	provozní součinitel	-
$L_h$	trvanlivost ložisek	hod
$a_k$	exponent pro bodový styk	-
$d_L$	vnitřní průměr ložiska	mm

Značka	Název	Jednotka
$D_L$	vnější průměr ložiska	mm
$B_{L1}$	šířka ložiska	mm
$C_{10L}$	statická únosnost ložiska	N
$C_{0L}$	dynamická únosnost	N

## 10. PŘÍLOHY

VÝKRES SESTAVY	0-B12-S/00
VÝKRES NÁBOJNICE	4-B12-D/01
VÝKRES NÁSYPKY	2-B12-D/02

Zbylé výkresy jsou zapsané na přiloženém CD.